

6.2 Querträger 2 - Obergurt

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Obergurt	Position: 481, 484, 491, 488
---------	--	-----------------	------------------------------

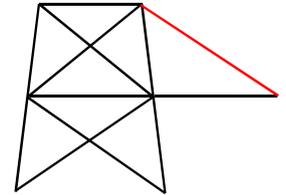
1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	0,00	kN	Lastfall:	Ausfachungsart:
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	25,65	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,35)	
Stützkraft	S_d	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	2831	=	2831	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	2831	=	2831	mm (um vv-Achse)

Profil:	L	b_1	x	b_2	x	t	mm
		50		50		5	

Querschnittswerte:	A	=	4,80	cm ²	Herstellungsart =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze f_y	= 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u	= 490 N/mm ²
					E-Modul	= 210000 N/mm ²



2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b_1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b_1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b_2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b_1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche: $A_{eff} = A - t * [b_1 * (1-\rho_1) + b_2 * (1-\rho_2)] = 4,80$ cm²

Druckspannungsnachweis: $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -155,01$ Druckkraft zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse): $\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$ siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3 $196,94 < 200$

Biegeknicken um die ζ -Achse (vv-Achse): $\lambda_{BK,\zeta} = \lambda_1 =>$ $L_1 / i_{vv} = 290,96$ **00 ACHTUNG !!!**

max $\lambda = 290,96$

Bezugsschlankeitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$ [1]

bezogene Schlankeitsgrad $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 3,81$ [1]

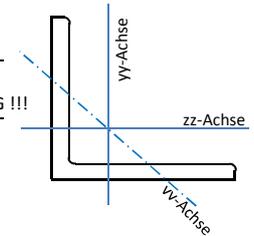
$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 8,63$ [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,06$ [1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -9,46$ kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,00 < 1$ Auslastung: 0%



2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken: $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankeitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$ [1]

bezogene Schlankeitsgrad $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$ [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$ [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,75$ [1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BDK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -116,67$ kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,00 < 1$ Auslastung: 0%

6.2 Querträger 2 - Obergurt

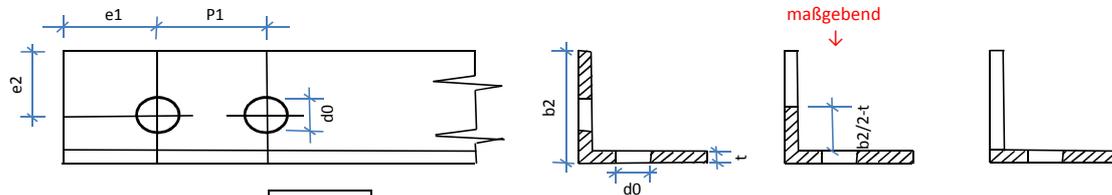
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Obergurt	Position: 481, 484, 491, 488
---------	--	-----------------	------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 2	Größe M 16	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 18 mm				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm ²				
	Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm ²				

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t = 1,60$ cm ²	nicht maßgebend
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,85$ cm ²	maßgebend (Schraubenanzahl n > 1)
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,70$ cm ²	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} = 4,80 / 2,85 = 1,69$	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



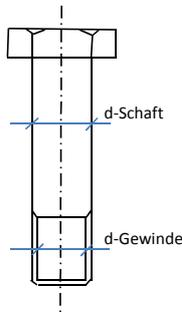
Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ = $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 81,44$ kN (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,31 < 1$ Auslastung: 31%

4.) Nachweis der Verbindung:

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!
(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße : **M 16** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt A_{sch} :	2,01	cm ²	Streckgrenze f_{yb} :	300	N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} :	1,57	cm ²	Zugfestigkeit f_{ub} :	500	N/mm ²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	2,01	2,01
		cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = 96,48$ kN

↓ * n Schrauben

maßgebende Normalkraft max N : 25,65 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} = 0,27 < 1$ Auslastung: 27%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Abstände der Bohrung

e1 =	35	mm
e2 =	25	mm
P1 =	50	mm

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 2,33$
$\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 2,67$
$\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,04$
$\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = 2,19$
maßgebend min $\alpha_b = 2,04$ (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 51,29$ kN → * n Schrauben = 102,58 kN

maßgebende Normalkraft max N : 25,65 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} = 0,25 < 1$ Auslastung: 25%

6.2 Querträger 2 - Obergurt

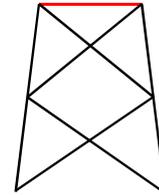
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalstab Obergurt Wand X	Position: 480, 487
----------------	---	--	---------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	0,00	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,35)	Ausfachungsart:
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	45,27	kN	Lastfall:	
Stützkraft	S_d	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1466	=	1466	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	1466	=	1466	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t	
Profil:	L	50	x	50	x	5 mm



Querschnittswerte:	A	=	4,80	cm ²	Herstellungstyp =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze f_y	= 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u	= 490 N/mm ²
					E-Modul	= 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche: $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,80$ cm²

Druckspannungsnachweis: $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -155,01$ Druckkraft zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

	$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--	--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	101,98	< 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	L_1 / i_{vv}	= 150,67	< 200
		max $\lambda =$	150,67	

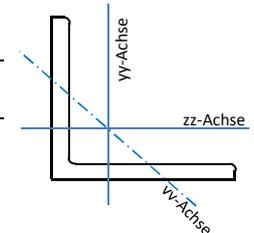
Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{(E / f_y)} = 76,41$ [1]

bezogene Schlankheit $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} = 1,97$ [1]

$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 2,88$ [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) = 0,20$ [1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$



Knickbeanspruchbarkeit BK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -31,16$ kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,00 < 1$ Auslastung: 0%

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken: $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{(E / f_y)} = 76,41$ [1]

bezogene Schlankheit $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} = 0,65$ [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$ [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) = 0,75$ [1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BDK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -116,67$ kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,00 < 1$ Auslastung: 0%

6.2 Querträger 2 - Obergurt

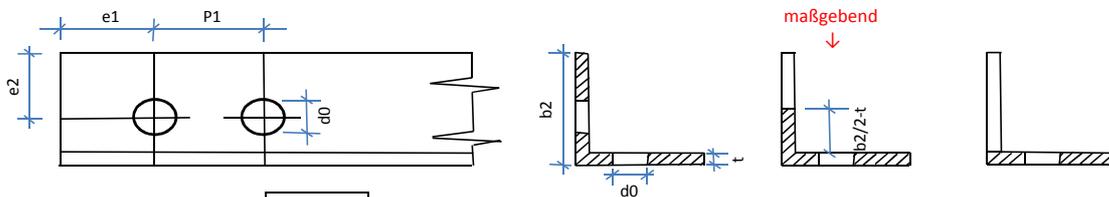
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalstab Obergurt Wand X	Position: 480, 487
---------	--	---------------------------------------	--------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 3	Größe M 16	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 18 mm				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm ²	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm ²	

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t = 1,60$ cm ²	nicht maßgebend
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,85$ cm ²	maßgebend (Schraubenanzahl n > 1)
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,70$ cm ²	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} = 4,80 / 2,85 = 1,69$	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

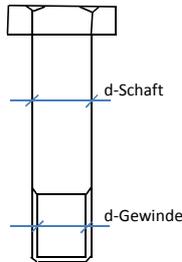
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ = $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 81,44$ kN (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,56 < 1$ Auslastung: 56%

4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße : **M 16** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt A_{sch} :	2,01 cm ²	Streckgrenze f_{yb} :	300 N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} :	1,57 cm ²	Zugfestigkeit f_{ub} :	500 N/mm ²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	2,01	2,01 cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$ kN

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = 144,72$ kN (* n Schrauben)

maßgebende Normalkraft max N : 45,27 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} = 0,31 < 1$ Auslastung: 31%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Abstände der Bohrung

e1 =	35 mm
e2 =	25 mm
P1 =	60 mm

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 2,33$
$\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 2,67$
$\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,04$
$\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = 2,72$
maßgebend min $\alpha_b = 2,04$ (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 51,29$ kN \rightarrow * n Schrauben = 153,87 kN

maßgebende Normalkraft max N : 45,27 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} = 0,29 < 1$ Auslastung: 29%

6.2 Querträger 2 - Obergurt

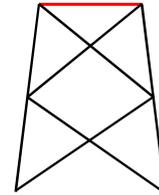
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalstab Obergurt Wand y	Position: 566, 567, 568, 569
----------------	---	---	-------------------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-5,96	kN	Lastfall: D Voll (Vert.-Last *1,35)	Ausfachungsart:
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	0,09	kN	Lastfall: K Teil	
Stützkraft	S_d	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1466	=	1466	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	1466	=	1466	mm (um vv-Achse)

Profil:	L	b1	x	b2	x	t	mm
		50		50		5	



Querschnittswerte:	A	=	4,80	cm ²	Herstellungsart =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_z = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze f_y	= 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u	= 490 N/mm ²
					E-Modul	= 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche: $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,80$ cm²

Druckspannungsnachweis: $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -155,01$ Druckkraft -5,96 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	101,98	< 200
Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	L_1 / i_{vv}	= 150,67	< 200
		max $\lambda =$	150,67	

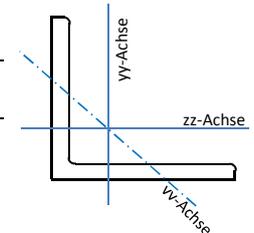
Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$ [1]

bezogene Schlankheit $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 1,97$ [1]

$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 2,88$ [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,20$ [1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$



Knickbeanspruchbarkeit BK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -31,16$ kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,19 < 1$ Auslastung: 19%

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken: $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$ [1]

bezogene Schlankheit $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$ [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$ [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,75$ [1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BDK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -116,67$ kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,05 < 1$ Auslastung: 5%

6.2 Querträger 2 - Obergurt

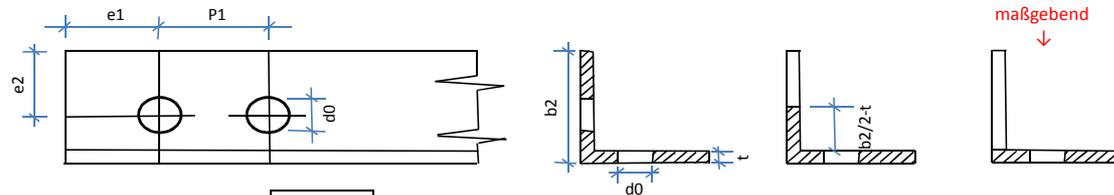
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalstab Obergurt Wand y	Position: 566, 567, 568, 569
---------	--	--	------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 1	Größe M 16	Güte 5.6	Schnittigkeit S_y 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 18 mm				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm ²	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm ²	

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b1 - d0) * t = 1,60$ cm ²	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b1 - d0 + (b2/2)) * t = 2,85$ cm ²	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0,9 * (A - 2 * d0 * t) = 2,70$ cm ²	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} = 4,80 / 1,60 = 3,00$	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ = $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 45,72$ kN (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,00 < 1$ Auslastung: 0%

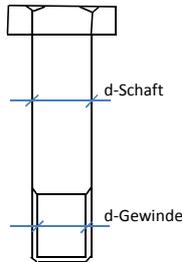
4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße : **M 16** Güte : **5.6**



Schaftquerschnitt A_{sch} :	2,01	cm ²	Streckgrenze f_{yb} :	300	N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} :	1,57	cm ²	Zugfestigkeit f_{ub} :	500	N/mm ²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	2,01	2,01
		cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$ kN

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = 48,24$ kN

maßgebende Normalkraft max N : 5,96 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} = 0,12 < 1$ Auslastung: 12%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Abstände der Bohrung

e1 = 25 mm

e2 = 25 mm

P1 = entfällt

$\alpha_b = 1,20 * e1 / d0 = 1,67$
$\alpha_b = 1,85 * (e1 / d0 - 0,5) = 1,64$
$\alpha_b = 2,30 * (e2 / d0 - 0,5) = 2,04$
$\alpha_b = 0,96 * (p1 / d0 - 0,5) = \text{entfällt}$
maßgebend min $\alpha_b = 1,64$ (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 41,26$ kN → * n Schrauben = **41,26** kN

maßgebende Normalkraft max N : 5,96 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} = 0,14 < 1$ Auslastung: 14%

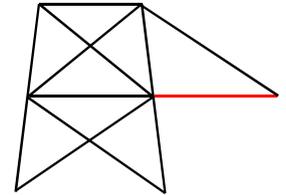
6.2 Querträger 2 - Untergurt

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Untergurt	Position: 528, 529, 538, 539
---------	--	------------------	------------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-257,92	kN	Lastfall:	Ausfachungsart:
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	186,61	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,35)	
Stützkraft	S_d	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1414	=	1414	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	771	=	771	mm (um vv-Achse)



Profil:	L	b1	x	b2	x	t	mm
		90		90		9	

Querschnittswerte:	A	=	15,52	cm ²	Herstellungsart =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	2,60	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	1,76	cm	Streckgrenze f_y	= 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u	= 490 N/mm ²
					E-Modul	= 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 90 / 9 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 90 / 9 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche: $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 15,52 \text{ cm}^2$

Druckspannungsnachweis: $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -500,87 \text{ Druckkraft } -257,92 \text{ kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)}$

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse): $\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$ siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3 $54,42 < 200$

Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse): $\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$ $L_1 / i_{vv} = 43,91 < 200$

max $\lambda = 54,42$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$ [1]

bezogene Schlankheit $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 0,71$ [1]

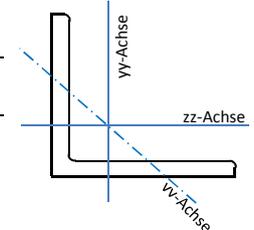
$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,88$ [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,72$ [1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -359,20 \text{ kN}$

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,72 < 1$ Auslastung: 72%



2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken: $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$ [1]

bezogene Schlankheit $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$ [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$ [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,75$ [1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BDK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -377,01 \text{ kN}$

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,68 < 1$ Auslastung: 68%

6.2 Querträger 2 - Untergurt

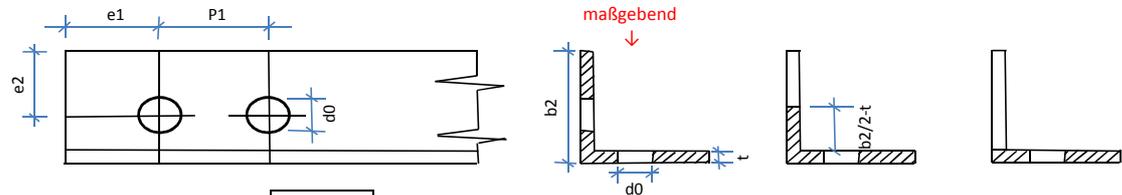
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Untergurt	Position: 528, 529, 538, 539
---------	--	------------------	------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 5	Größe M 20	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 2
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 22 mm				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm ²				
	Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm ²				

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 : $(b_1 - d_0) * t = 6,12$ cm² nicht maßgebend
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 : $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 10,17$ cm² nicht maßgebend
 Anschluss an beiden Schenkeln: $0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 10,40$ cm² maßgebend (beide Schenkel angeschlossen)
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend? $A / A_{net} = 15,52 / 10,40 = 1,49 > 1,14 \Rightarrow$ bei S335 maßgebend!



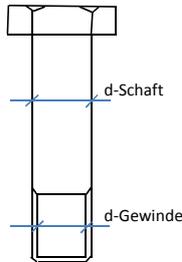
Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$: $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 297,31$ kN (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,63 < 1$ Auslastung: 63%

4.) Nachweis der Verbindung:

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!
 (EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße : **M 20** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt $A_{sch} :$ 3,14 cm² Streckgrenze $f_{yb} :$ 300 N/mm²
 Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp} :$ 2,45 cm² Zugfestigkeit $f_{ub} :$ 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor $\alpha_v :$	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v :$	3,14	3,14 cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 75,36$ kN

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = 376,80$ kN $\rightarrow \Sigma = 75,36$ kN \downarrow * n Schrauben

maßgebende Normalkraft max N : 257,92 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} = 0,68 < 1$ Auslastung: 68%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Abstände der Bohrung

e1 =	40	mm
e2 =	40	mm
P1 =	70	mm

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 2,18$
 $\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 2,44$
 $\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 3,03$
 $\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = 2,57$

maßgebend min $\alpha_b = 2,18$ (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 123,16$ kN \rightarrow * n Schrauben = 615,80 kN

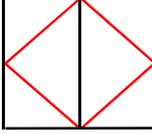
maßgebende Normalkraft max N : 257,92 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} = 0,42 < 1$ Auslastung: 42%

6.2 Querträger 2 - Horizontalverband

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalverband Diagonalen	Position: 173, 174, 175, 176
----------------	---	--	-------------------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-37,76	kN	Lastfall: J-1 Teilbelegung	Ausfachungsart: 
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	37,72	kN	Lastfall: J-1 Teilbelegung	
Stützkraft	S_d	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	
Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1106	=	1106	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	1106	=	1106	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t	
Profil:	L	60	x	60	x	6 mm

Querschnittswerte:	A	=	6,91	cm ²	Herstellungstyp =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,73	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	1,17	cm	Streckgrenze f_y	= 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u	= 490 N/mm ²
					E-Modul	= 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 60 / 6 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

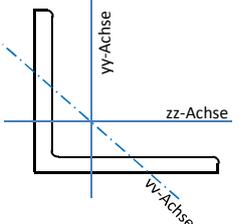
Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 60 / 6 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche: $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 6,91 \text{ cm}^2$

Druckspannungsnachweis: $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -222,97 \text{ Druckkraft } -37,76 \text{ kN zulässig!} \quad (EN 50341-1:2001 J.4.3)$

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	
Stützkraft nicht vorhanden		

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	64,00	< 200
Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	L_1 / i_{vv}	= 94,61	< 200
		max $\lambda =$	94,61	

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{(E / f_y)} = 76,41$ [1]

bezogene Schlankheit $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} = 1,24$ [1]

$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 1,52$ [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) = 0,42$ [1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -92,74 \text{ kN}$

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,41 < 1$ Auslastung: 41%

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken: $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{(E / f_y)} = 76,41$ [1]

bezogene Schlankheit $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} = 0,65$ [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$ [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) = 0,75$ [1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BDK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -167,83 \text{ kN}$

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,22 < 1$ Auslastung: 22%

6.2 Querträger 2 - Horizontalverband

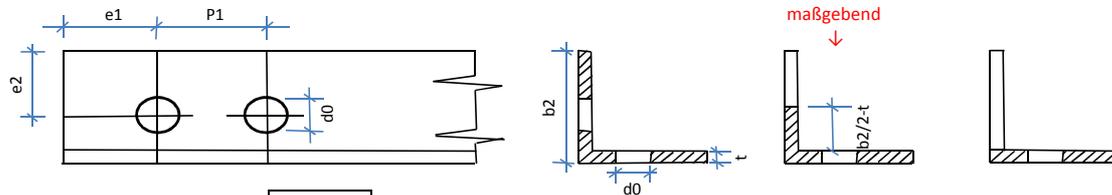
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalverband Diagonalen	Position: 173, 174, 175, 176
----------------	---	--	-------------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 2	Größe M 16	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 18 mm				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze f_y = 355	N/mm ²
				Zugfestigkeit f_u = 490	N/mm ²

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 : $(b_1 - d_0) * t = 2,52 \text{ cm}^2$ nicht maßgebend
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 : $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 4,32 \text{ cm}^2$ maßgebend (Schraubenanzahl n > 1)
 Anschluss an beiden Schenkeln: $0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 4,27 \text{ cm}^2$ nicht maßgebend
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend? $A / A_{net} = 6,91 / 4,32 = 1,60 > 1,14 \Rightarrow$ bei S335 maßgebend!



Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$: $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 123,45 \text{ kN}$ (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

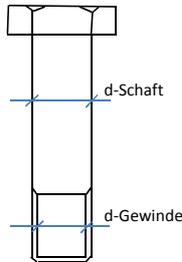
Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,31 < 1$ Auslastung: 31%

4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)



Schraubengröße: **M 16** Güte: **5.6**

Schaftquerschnitt A_{sch} : 2,01 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²
 Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 1,57 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	2,01	2,01 cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd}$: $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$ → $\Sigma = 48,24 \text{ kN}$
 ↓ * n Schrauben
Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd}$: **96,48 kN**

maßgebende Normalkraft max N : 37,76 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} = 0,39 < 1$ Auslastung: 39%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Abstände der Bohrung

e1 =	30	mm
e2 =	30	mm
p1 =	50	mm

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 2,00$
 $\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 2,16$
 $\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,68$
 $\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = 2,19$
maßgebend min $\alpha_b = 2,00$ (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd}$: $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 60,21 \text{ kN} \rightarrow * n \text{ Schrauben} = 120,42 \text{ kN}$

maßgebende Normalkraft max N : 37,76 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} = 0,31 < 1$ Auslastung: 31%

6.2 Querträger 2 - Horizontalverband

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalverband Wand X	Position: 532, 533, 536, 537
----------------	---	--	-------------------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-220,34	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,35)	Ausfachungsart:
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	159,82	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,00)	
Stützkraft	S_d	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1564	=	1564	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	782	=	782	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t
Profil:	L	x	x	x	mm
	90		90		9

Querschnittswerte:	A	=	15,52	cm ²	Herstellungstyp = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	2,60	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	1,76	cm	Streckgrenze f_y = 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 90 / 9 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

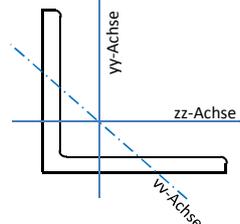
Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 90 / 9 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	15,52	cm ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-500,87	Druckkraft -220,34 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d =$	0,00	< 2/3
		Stützkraft nicht vorhanden		
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	60,19	< 200
Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	L_1 / i_{vv}	= 44,53	< 200
		max $\lambda =$	60,19	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,79	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,95	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,67	[1]
	Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$	1,10	

Knickbeanspruchbarkeit BK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -335,52$ kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} =$ 0,66 < 1 Auslastung: 66%

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,65	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,83	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,75	[1]
	Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$	1,10	

Knickbeanspruchbarkeit BDK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -377,01$ kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken: $N_d / N_{R,d} =$ 0,58 < 1 Auslastung: 58%

6.2 Querträger 2 - Horizontalverband

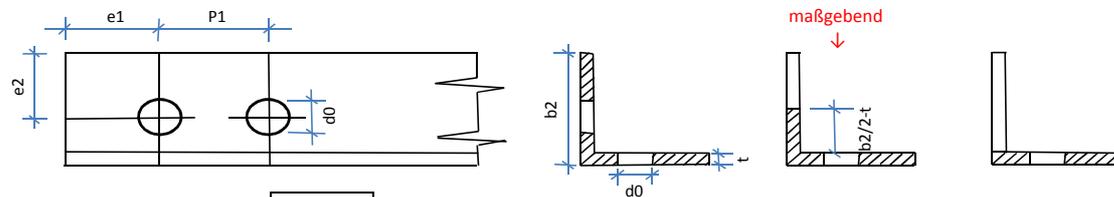
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalverband Wand X	Position: 532, 533, 536, 537
---------	--	---------------------------------	------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 4	Größe M 24	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 26 mm				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm ²				
	Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm ²				

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 : $(b1 - d0) * t = 5,76$ cm² nicht maßgebend
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 : $(b1 - d0 + (b2/2)) * t = 9,81$ cm² maßgebend (Schraubenanzahl n > 1)
 Anschluss an beiden Schenkeln: $0,9 * (A - 2 * d0 * t) = 9,76$ cm² nicht maßgebend
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend? $A / A_{net} = 15,52 / 9,81 = 1,58 > 1,14 \Rightarrow$ bei S335 maßgebend!



Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$: $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 280,34$ kN (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,57 < 1$ Auslastung: 57%

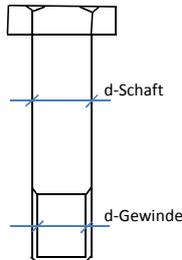
4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße: **M 24** Güte: **5.6**



Schaftquerschnitt A_{sch} : 4,52 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²
 Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 3,53 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	4,52	4,52 cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd}$: $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 108,48$ kN
 - $\rightarrow \Sigma = 108,48$ kN
 \downarrow * n Schrauben
Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd}$: **433,92** kN

maßgebende Normalkraft max N : 220,34 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} = 0,51 < 1$ Auslastung: 51%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Abstände der Bohrung

e1 =	60	mm
e2 =	40	mm
p1 =	70	mm

$\alpha_b = 1,20 * e1 / d0 = 2,77$
 $\alpha_b = 1,85 * (e1 / d0 - 0,5) = 3,34$
 $\alpha_b = 2,30 * (e2 / d0 - 0,5) = 2,39$
 $\alpha_b = 0,96 * (p1 / d0 - 0,5) = 2,10$
maßgebend min $\alpha_b = 2,10$ (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd}$: $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 142,56$ kN \rightarrow * n Schrauben = **570,25** kN

maßgebende Normalkraft max N : 220,34 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} = 0,39 < 1$ Auslastung: 39%

6.2 Querträger 2 - Horizontalverband

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalverband Wand Y	Position: 530, 531, 534, 535
----------------	---	--	-------------------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-30,90	kN	Lastfall: Ha-6 (Vert.-Last *1,00)	Ausfachungsart:
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	34,05	kN	Lastfall: Ha-7 (Vert.-Last *1,35)	
Stützkraft	S_d	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1564	=	1564	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	782	=	782	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t	
Profil:	L	70	x	70	x	7 mm

Querschnittswerte:	A	=	9,40	cm ²	Herstellungstyp =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	2,02	cm	Stabstahlqualität =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	1,37	cm	Streckgrenze f_y	= 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u	= 490 N/mm ²
					E-Modul	= 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 70 / 7 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 70 / 7 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche: $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 9,40$ cm²

Druckspannungsnachweis: $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -303,27$ Druckkraft -30,9 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	77,48	< 200
Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	L_1 / i_{vv}	= 57,29	< 200
		max $\lambda =$	77,48	

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$ [1]

bezogene Schlankheit $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 1,01$ [1]

$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 1,21$ [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,53$ [1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -161,28$ kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,19 < 1$ Auslastung: 19%

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken: $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$ [1]

bezogene Schlankheit $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$ [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$ [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,75$ [1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BDK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -228,27$ kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,14 < 1$ Auslastung: 14%

6.2 Querträger 2 - Horizontalverband

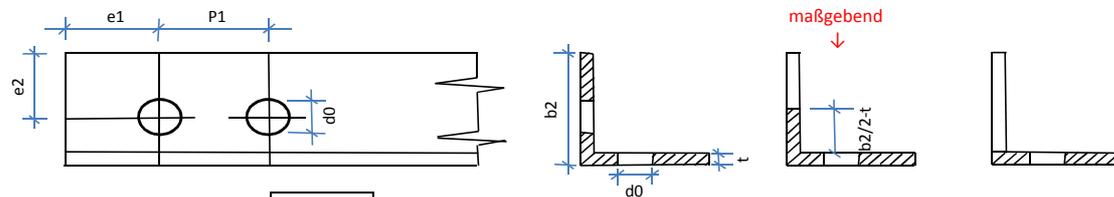
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalverband Wand Y	Position: 530, 531, 534, 535
----------------	---	--	-------------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 3	Größe M 20	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 22 mm				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze f_y = 355 N/mm ²				
	Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²				

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 : $(b_1 - d_0) * t = 3,36 \text{ cm}^2$ nicht maßgebend
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 : $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 5,81 \text{ cm}^2$ maßgebend (Schraubenanzahl n > 1)
 Anschluss an beiden Schenkeln: $0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 5,69 \text{ cm}^2$ nicht maßgebend
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend? $A / A_{net} = 9,40 / 5,81 = 1,62 > 1,14 \Rightarrow$ bei S335 maßgebend!



Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$: $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 166,03 \text{ kN}$ (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,21 < 1$ Auslastung: 21%

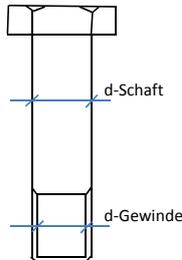
4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße: **M 20** Güte: **5.6**



Schaftquerschnitt A_{sch} : 3,14 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²
 Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 2,45 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	3,14	3,14 cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd}$: $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 75,36$ → $\Sigma = 75,36 \text{ kN}$
 ↓ * n Schrauben
Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd}$: **226,08 kN**

maßgebende Normalkraft max N : 34,05 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} = 0,15 < 1$ Auslastung: 15%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Abstände der Bohrung

e1 =	35	mm
e2 =	30	mm
P1 =	70	mm

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 1,91$
 $\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 2,02$
 $\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 1,99$
 $\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = 2,57$
maßgebend min $\alpha_b = 1,91$ (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd}$: $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 83,82 \text{ kN} \rightarrow * n \text{ Schrauben} = 251,45 \text{ kN}$

maßgebende Normalkraft max N : 34,05 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} = 0,14 < 1$ Auslastung: 14%

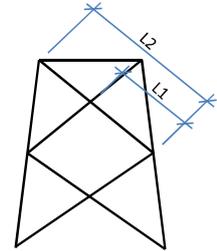
6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 1	Position: 137, 138, 155, 156
----------------	---	---	-------------------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-25,75	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	29,46	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	S_d	=	29,20	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	0,9	*	572	=	515	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	0,9	*	315	=	284	mm (um vv-Achse)

Profil:	L	50	x	50	x	5	mm
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	A	=	4,80	cm ²	Herstellungstyp = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze f_y = 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

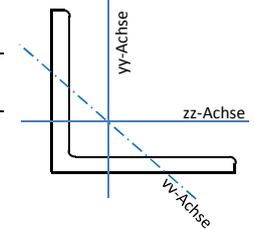
Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	4,80	cm ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-155,01	Druckkraft -25,75 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 1,13$	$\geq 2/3$
		Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	29,14 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	L_1 / i_{vv}	= 29,14 < 200
		max $\lambda = 29,14$	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,38	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,62	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) =$	0,91	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$ **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-140,61	kN
----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,18 < 1	Auslastung: 18%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t =$	50,00
--------------------	--------------------------------	-------

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,65	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,83	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) =$	0,75	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$ **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-116,67	kN
-----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,22 < 1	Auslastung: 22%
--	-------------------	--------------------	-----------------

6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

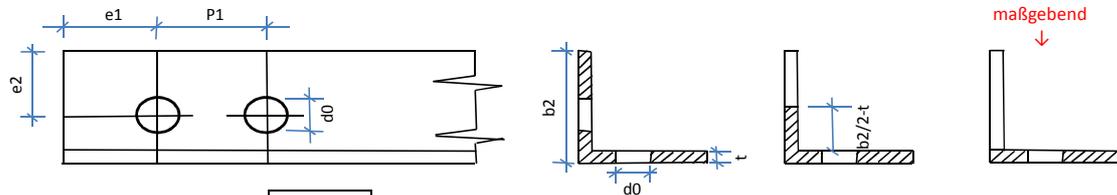
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 1	Position: 137, 138, 155, 156
---------	--	----------------------------------	------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 1	Größe M 16	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 18 mm				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm ²	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm ²	

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 : $(b_1 - d_0) * t = 1,60$ cm² maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 : $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,85$ cm² nicht maßgebend
 Anschluss an beiden Schenkeln: $0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,70$ cm² nicht maßgebend
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend? $A / A_{net} = 4,80 / 1,60 = 3,00 > 1,14 \Rightarrow$ bei S335 maßgebend!



Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ = $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 45,72$ kN (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,64 < 1$ Auslastung: 64%

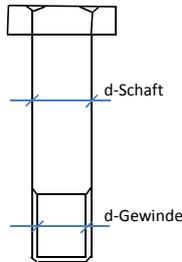
4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße : **M 16** Güte : **5.6**



Schaftquerschnitt A_{sch} : 2,01 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²
 Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 1,57 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	2,01	2,01 cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$ kN
 → $\Sigma = 48,24$ kN
 ↓ * n Schrauben
Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = 48,24$ kN

maßgebende Normalkraft max N : 29,46 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} = 0,61 < 1$ Auslastung: 61%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Abstände der Bohrung
e1 = 25 mm
e2 = 25 mm
P1 = entfällt

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 1,67$
 $\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 1,64$
 $\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,04$
 $\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = \text{entfällt}$
maßgebend min $\alpha_b = 1,64$ (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 41,26$ kN → * n Schrauben = **41,26 kN**

maßgebende Normalkraft max N : 29,46 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} = 0,71 < 1$ Auslastung: 71%

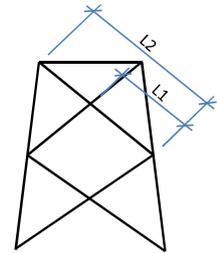
6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 2	Position: 139, 140, 157, 158
----------------	---	---	-------------------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-25,12	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	28,74	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	S_d	=	28,51	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	0,9	*	688	=	619	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	0,9	*	378	=	340	mm (um vv-Achse)

Profil:	L	50	x	50	x	5	mm
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	A	=	4,80	cm ²	Herstellungstyp = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze f_y = 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

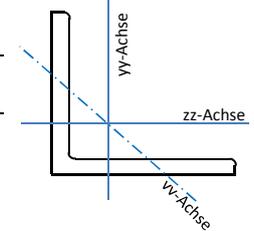
Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	4,80	cm ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-155,01	Druckkraft -25,12 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 1,13$	$\geq 2/3$
		Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	34,96 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv} =$	34,96 < 200
		max $\lambda =$	34,96



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,46	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,67	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,87	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$ **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-134,30	kN
----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,19 < 1	Auslastung: 19%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,65	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,83	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,75	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$ **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-116,67	kN
-----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,22 < 1	Auslastung: 22%
--	-------------------	--------------------	-----------------

6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

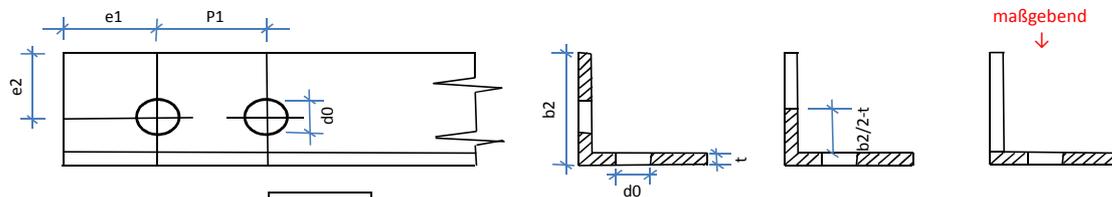
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 2	Position: 139, 140, 157, 158
---------	--	----------------------------------	------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 1	Größe M 16	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 18 mm				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze f_y = 355	N/mm ²
				Zugfestigkeit f_u = 490	N/mm ²

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t =$	1,60	cm ²	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t =$	2,85	cm ²	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0,9 * (A - 2 * d_0 * t) =$	2,70	cm ²	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} =$	4,80 / 1,60 =	3,00	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ = $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 =$ **45,72 kN** (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} =$ **0,63 < 1** Auslastung: 63%

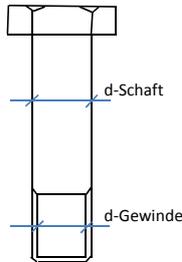
4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße : **M 16** Güte : **5.6**



Schaftquerschnitt A_{sch} :	2,01	cm ²	Streckgrenze f_{yb} :	300	N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} :	1,57	cm ²	Zugfestigkeit f_{ub} :	500	N/mm ²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	2,01	2,01
		cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} =$ $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} =$ 48,24 - $\rightarrow \Sigma =$ 48,24 kN

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} =$ 48,24 kN

maßgebende Normalkraft max N : 28,74 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} =$ **0,60 < 1** Auslastung: 60%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Abstände der Bohrung

e1 = 25 mm

e2 = 25 mm

P1 = entfällt

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 =$	1,67
$\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) =$	1,64
$\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) =$	2,04
$\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) =$	entfällt
maßgebend min $\alpha_b =$ 1,64 (nach EN 50 341-1)	

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} =$ $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 =$ 41,26 kN \rightarrow * n Schrauben = 41,26 kN

maßgebende Normalkraft max N : 28,74 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} =$ **0,70 < 1** Auslastung: 70%

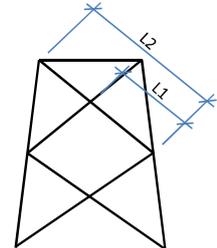
6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 3	Position: 141, 142, 159, 160
----------------	---	---	-------------------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-22,36	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,00)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	20,69	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,35)
Stützkraft	S_d	=	20,59	kN	

Ausfachungsart: gekreuzte Diagonalen



Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	0,9	*	792	=	713	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	0,9	*	431	=	388	mm (um vv-Achse)

b1	b2	t
Profil: L 40	x 40	x 5
mm		

Querschnittswerte:	$A =$	3,79	cm ²	Herstellungstyp = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy} =$	1,14	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv} =$	0,77	cm	Streckgrenze $f_y =$ 355 N/mm ²
				Zugfestigkeit $f_u =$ 490 N/mm ²
				E-Modul = 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,528$	=> $\rho_1 = 1,00$

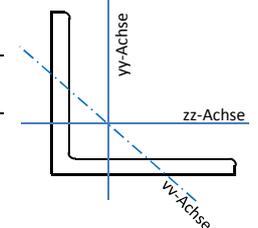
Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,528$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	3,79	cm ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-122,28	Druckkraft -22,36 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 0,92$	$\geq 2/3$
		Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	50,21 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	L_1 / i_{vv}	= 50,21 < 200
		max $\lambda = 50,21$	
Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,66	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,83	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) =$	0,75	[1]
		Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$	1,10



Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-91,83	kN
----------------------------	--	---------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,24 < 1	Auslastung: 24%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 40,00$	
Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} = 76,41$ [1]	
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{(A_{eff} / A)} = 0,52$ [1]	
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,72$ [1]	
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) = 0,83$ [1]	
	Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$	1,10

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-101,46	kN
-----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,22 < 1	Auslastung: 22%
--	-------------------	--------------------	-----------------

6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

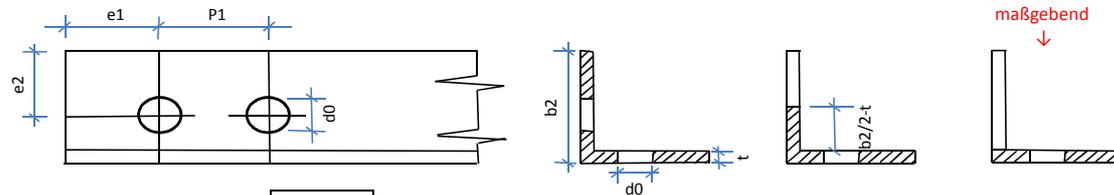
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 3	Position: 141, 142, 159, 160
----------------	---	---	-------------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 1	Größe M 12	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 14 mm				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze f_y = 355	N/mm ²
				Zugfestigkeit f_u = 490	N/mm ²

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b1 - d0) * t =$	1,30	cm ²	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b1 - d0 + (b2/2)) * t =$	2,30	cm ²	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0.9 * (A - 2 * d0 * t) =$	2,15	cm ²	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} =$	3,79 / 1,30 =	2,91	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ = $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 =$ **37,15 kN** (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

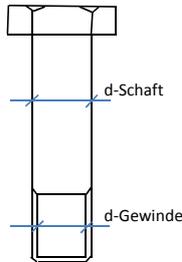
Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} =$ **0,56 < 1** Auslastung: 56%

4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)



Schraubengröße :	M 12	Güte :	5.6		
Schaftquerschnitt A_{sch} :	1,13	cm ²	Streckgrenze f_{yb} :	300	N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} :	0,843	cm ²	Zugfestigkeit f_{ub} :	500	N/mm ²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	1,13	1,13
		cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} =$ 27,12 - $\rightarrow \Sigma =$ 27,12 kN

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} =$ 27,12 kN

maßgebende Normalkraft max N : 22,36 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} =$ **0,82 < 1** Auslastung: 82%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Abstände der Bohrung

e1 =	20	mm
e2 =	20	mm
P1 =		entfällt

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

$\alpha_b =$	$1.20 * e1 / d0 =$	1,71
$\alpha_b =$	$1.85 * (e1 / d0 - 0.5) =$	1,72
$\alpha_b =$	$2.30 * (e2 / d0 - 0.5) =$	2,14
$\alpha_b =$	$0.96 * (p1 / d0 - 0.5) =$	entfällt

maßgebend min $\alpha_b =$ 1,71 (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 =$ 32,26 kN \rightarrow * n Schrauben = 32,26 kN

maßgebende Normalkraft max N : 22,36 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} =$ **0,69 < 1** Auslastung: 69%

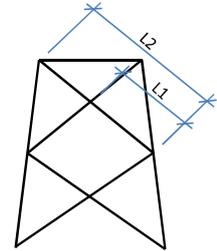
6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 4	Position: 143, 144, 161, 162
----------------	---	---	-------------------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-17,58	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	18,72	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	S_d	=	18,57	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	0,9	*	940	=	846	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	0,9	*	511	=	460	mm (um vv-Achse)

Profil:	L	40	x	40	x	5	mm
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	A	=	3,79	cm ²	Herstellungstyp = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,14	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,77	cm	Streckgrenze f_y = 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,528$	=> $\rho_1 = 1,00$

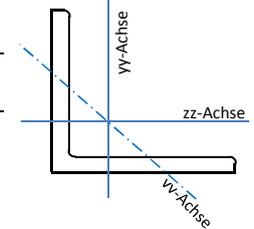
Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,528$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	3,79	cm ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-122,28	Druckkraft -17,58 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 1,06$	$\geq 2/3$
		Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	59,53 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	L_1 / i_{vv}	= 59,53 < 200
		max $\lambda = 59,53$	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,78	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,95	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) =$	0,68	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$ **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-82,57	kN
----------------------------	--	---------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,21 < 1	Auslastung: 21%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 40,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,52	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,72	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) =$	0,83	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$ **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-101,46	kN
-----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,17 < 1	Auslastung: 17%
--	-------------------	--------------------	-----------------

6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

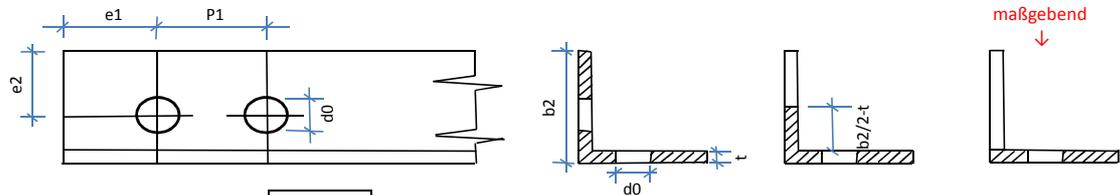
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 4	Position: 143, 144, 161, 162
---------	--	----------------------------------	------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 1	Größe M 12	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 14 mm				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm ²	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm ²	

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 : $(b_1 - d_0) * t = 1,30$ cm² maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 : $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,30$ cm² nicht maßgebend
 Anschluss an beiden Schenkeln: $0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,15$ cm² nicht maßgebend
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend? $A / A_{net} = 3,79 / 1,30 = 2,91 > 1,14 \Rightarrow$ bei S335 maßgebend!



Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

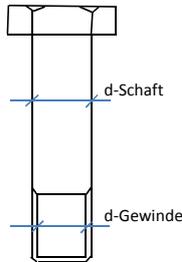
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ = $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 37,15$ kN (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,50 < 1$ Auslastung: 50%

4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!
 (EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Schraubengröße : **M 12** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt A_{sch} : 1,13 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²
 Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 0,843 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	1,13	1,13 cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 27,12$ kN

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = 27,12$ kN

maßgebende Normalkraft max N : 18,72 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} = 0,69 < 1$ Auslastung: 69%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Abstände der Bohrung

e1 = **20** mm
 e2 = **20** mm
 P1 = **entfällt**

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 1,71$
 $\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 1,72$
 $\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,14$
 $\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = \text{entfällt}$

maßgebend min $\alpha_b = 1,71$ (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 32,26$ kN \rightarrow * n Schrauben = 32,26 kN

maßgebende Normalkraft max N : 18,72 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} = 0,58 < 1$ Auslastung: 58%

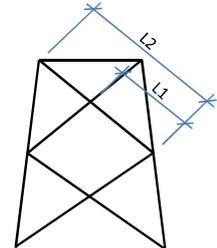
6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 5	Position: 145, 146, 163, 164
----------------	---	---	-------------------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-15,30	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,00)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	15,09	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,35)
Stützkraft	S_d	=	14,96	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	0,9	*	1102	=	992	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	0,9	*	598	=	538	mm (um vv-Achse)

Profil:	L	40	x	40	x	5	mm
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	A	=	3,79	cm ²	Herstellungstyp = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,14	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,77	cm	Streckgrenze f_y = 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,528$	=> $\rho_1 = 1,00$

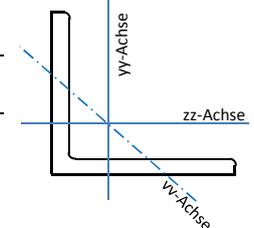
Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,528$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	3,79	cm ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-122,28	Druckkraft -15,3 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 0,98$	$\geq 2/3$
		Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	69,67 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	L_1 / i_{vv}	= 69,67 < 200
		max $\lambda = 69,67$	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,91	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	1,09	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) =$	0,59	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$ **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-72,46	kN
----------------------------	--	---------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,21 < 1	Auslastung: 21%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 40,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,52	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,72	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) =$	0,83	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$ **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-101,46	kN
-----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,15 < 1	Auslastung: 15%
--	-------------------	--------------------	-----------------

6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

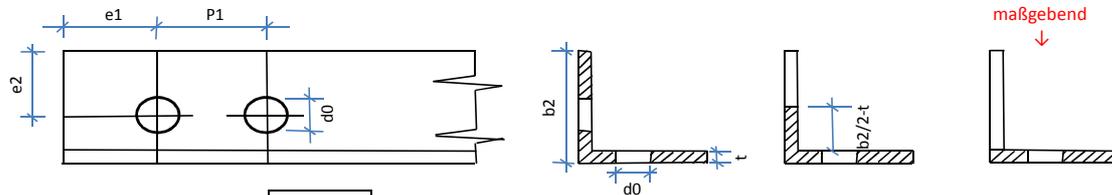
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 5	Position: 145, 146, 163, 164
---------	--	----------------------------------	------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 1	Größe M 12	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 14 mm				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm ²	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm ²	

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t = 1,30$ cm ²	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,30$ cm ²	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,15$ cm ²	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} = 3,79 / 1,30 = 2,91$	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ = $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 37,15$ kN (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,41 < 1$ Auslastung: 41%

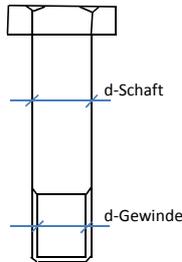
4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße : **M 12** Güte : **5.6**



Schaftquerschnitt A_{sch} :	1,13	cm ²	Streckgrenze f_{yb} :	300	N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} :	0,843	cm ²	Zugfestigkeit f_{ub} :	500	N/mm ²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	1,13	1,13
		cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 27,12$ kN

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = 27,12$ kN

maßgebende Normalkraft max N : 15,3 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} = 0,56 < 1$ Auslastung: 56%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Abstände der Bohrung

e1 = 20 mm

e2 = 20 mm

P1 = entfällt

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 1,71$
$\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 1,72$
$\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,14$
$\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) =$ entfällt
maßgebend min $\alpha_b = 1,71$ (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 32,26$ kN → * n Schrauben = **32,26** kN

maßgebende Normalkraft max N : 15,3 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} = 0,47 < 1$ Auslastung: 47%

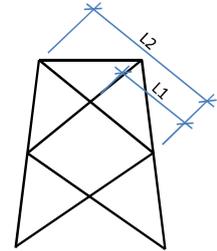
6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 6	Position: 147, 148, 165, 166
----------------	---	---	-------------------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-12,25	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	13,71	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	S_d	=	13,67	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	0,9	*	1263	=	1137	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	0,9	*	682	=	614	mm (um vv-Achse)

Profil:	L	40	x	40	x	5	mm
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	A	=	3,79	cm ²	Herstellungstyp = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,14	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,77	cm	Streckgrenze f_y = 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	$< 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	$\Rightarrow \rho_1 = 1,00$

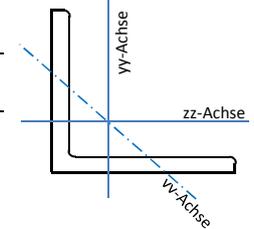
Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 40 / 5 = 8,00$	$< 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	$\Rightarrow \rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche: $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 3,79$ cm²
 Druckspannungsnachweis: $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -122,28$ Druckkraft -12,25 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C \Rightarrow Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 1,12 \geq 2/3$	Stützkraft ist Zugkraft
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 \Rightarrow$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	79,46 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 \Rightarrow$	$L_1 / i_{vv} =$	79,46 < 200
		max $\lambda = 79,46$	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 1,04$	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 1,25$	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,52$	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -63,24$ kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,19 < 1$ Auslastung: 19%

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C \Rightarrow Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} \Rightarrow 5 * b / t = 40,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,52$	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,72$	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,83$	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BDK: $N_{R,d} = K_{bdk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -101,46$ kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,12 < 1$ Auslastung: 12%

6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

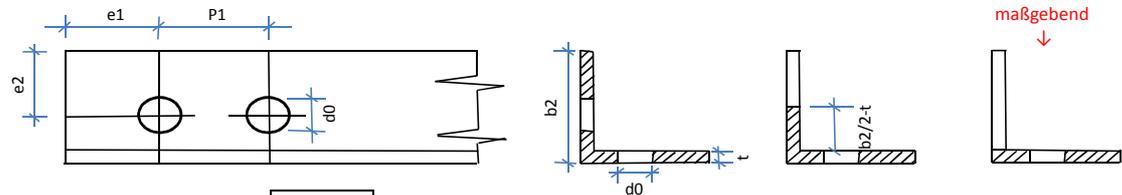
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 6	Position: 147, 148, 165, 166
----------------	---	---	-------------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 1	Größe M 12	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 14 mm				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm ²	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm ²	

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t = 1,30$ cm ²	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,30$ cm ²	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,15$ cm ²	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} = 3,79 / 1,30 = 2,91$	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ = $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 37,15$ kN (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

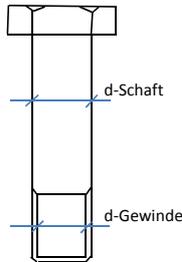
Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,37 < 1$ Auslastung: 37%

4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)



Schraubengröße :	M 12	Güte :	5.6
Schaftquerschnitt A_{sch} :	1,13 cm ²	Streckgrenze f_{yb} :	300 N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} :	0,843 cm ²	Zugfestigkeit f_{ub} :	500 N/mm ²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	1,13	1,13 cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 27,12$ kN

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = 27,12$ kN (* n Schrauben)

maßgebende Normalkraft max N : 13,71 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} = 0,51 < 1$ Auslastung: 51%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Abstände der Bohrung

e1 =	20 mm
e2 =	20 mm
P1 =	entfällt

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

$\alpha_b = 1,20 * e1 / d_0 = 1,71$
$\alpha_b = 1,85 * (e1 / d_0 - 0,5) = 1,72$
$\alpha_b = 2,30 * (e2 / d_0 - 0,5) = 2,14$
$\alpha_b = 0,96 * (p1 / d_0 - 0,5) =$ entfällt

maßgebend min $\alpha_b = 1,71$ (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 32,26$ kN → * n Schrauben = **32,26** kN

maßgebende Normalkraft max N : 13,71 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} = 0,43 < 1$ Auslastung: 43%

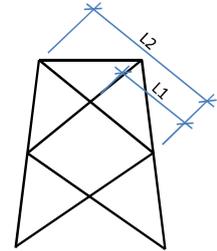
6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 7	Position: 149, 150, 167, 168
----------------	---	---	-------------------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-22,21	kN	Lastfall: Ha-6 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	31,09	kN	Lastfall: Ha-6 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	S_d	=	30,96	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	0,9	*	1146	=	1031	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	0,9	*	594	=	535	mm (um vv-Achse)

b1	b2	t
Profil: L 50	x 50	x 5
mm		

Querschnittswerte:	$A =$	4,80	cm ²	Herstellungstyp = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy} =$	1,44	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv} =$	0,97	cm	Streckgrenze $f_y =$ 355 N/mm ²
				Zugfestigkeit $f_u =$ 490 N/mm ²
				E-Modul = 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

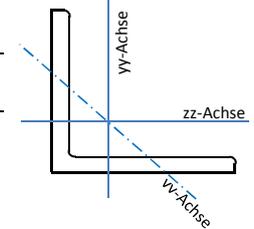
Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche: $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$ **4,80** cm²
 Druckspannungsnachweis: $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$ **-155,01** Druckkraft **-22,21** kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d =$ 1,39	$\geq 2/3$
		Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	54,94 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	L_1 / i_{vv}	= 54,94 < 200
		max $\lambda =$	54,94



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,72	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,89	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) =$	0,71	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$ **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$ **-110,50** kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} =$ **0,20 < 1** Auslastung: 20%

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,65	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,83	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) =$	0,75	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$ **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BDK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$ **-116,67** kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken: $N_d / N_{R,d} =$ **0,19 < 1** Auslastung: 19%

6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

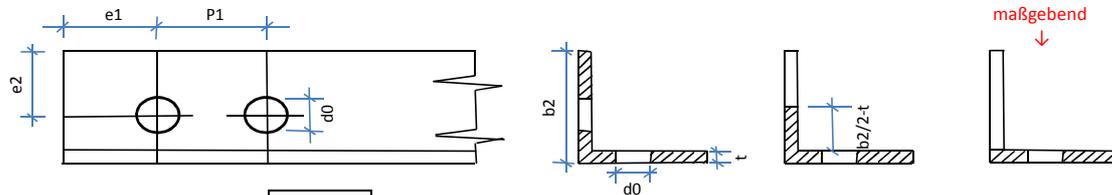
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 7	Position: 149, 150, 167, 168
---------	--	----------------------------------	------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 1	Größe M 16	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 18 mm				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm ²	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm ²	

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t = 1,60$ cm ²	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,85$ cm ²	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,70$ cm ²	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} = 4,80 / 1,60 = 3,00$	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



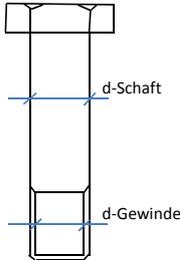
Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ = $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 45,72$ kN (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,68 < 1$ Auslastung: 68%

4.) Nachweis der Verbindung:

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!
(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße : **M 16** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt A_{sch} :	2,01	cm ²	Streckgrenze f_{yb} :	300	N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} :	1,57	cm ²	Zugfestigkeit f_{ub} :	500	N/mm ²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	2,01	2,01
		cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$ kN

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = 48,24$ kN

maßgebende Normalkraft max N : 31,09 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} = 0,64 < 1$ Auslastung: 64%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Abstände der Bohrung

e1 = 25 mm

e2 = 25 mm

P1 = entfällt

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 1,67$
$\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 1,64$
$\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,04$
$\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) =$ entfällt

maßgebend min $\alpha_b = 1,64$ (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 41,26$ kN → * n Schrauben = **41,26** kN

maßgebende Normalkraft max N : 31,09 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} = 0,75 < 1$ Auslastung: 75%

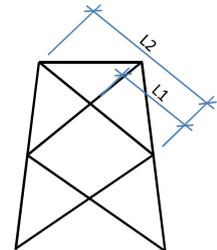
6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 8	Position: 151, 152, 169, 170
----------------	---	---	-------------------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-30,70	kN	Lastfall: Ha-6 (Vert.-Last *1,00)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	34,95	kN	Lastfall: Ha-7 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	S_d	=	30,68	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	0,9	*	1632	=	1469	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	0,9	*	884	=	796	mm (um vv-Achse)

Profil:	L	50	x	50	x	5	mm
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	A	=	4,80	cm ²	Herstellungstyp = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze f_y = 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} = b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} = b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche: $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,80$ cm²
 Druckspannungsnachweis: $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -155,01$ Druckkraft -30,7 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

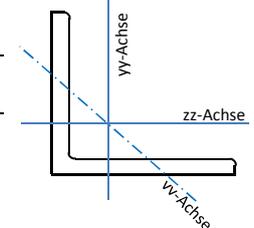
Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

	$S_d / N_d = 1,00$	$\geq 2/3$
	Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$ siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	81,77 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$ L_1 / i_{vv}	= 81,77 < 200
	max $\lambda = 81,77$	

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$ [1]
 bezogene Schlankheit $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 1,07$ [1]

$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 1,29$ [1]
 $K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,50$ [1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$



Knickbeanspruchbarkeit BK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -77,56$ kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,40 < 1$ Auslastung: 40%

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken: $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$ [1]
 bezogene Schlankheit $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$ [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$ [1]
 $K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,75$ [1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BDK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -116,67$ kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,26 < 1$ Auslastung: 26%

6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

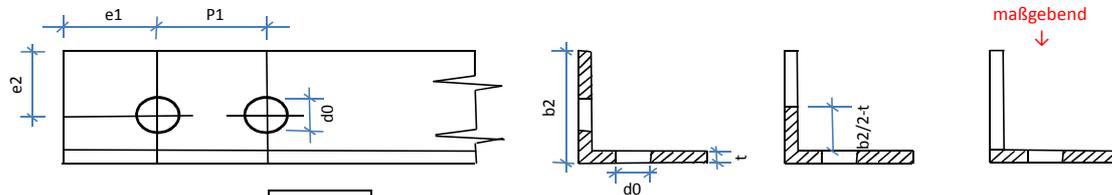
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 8	Position: 151, 152, 169, 170
---------	--	----------------------------------	------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 1	Größe M 16	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 18 mm				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm ²	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm ²	

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t = 1,60$ cm ²	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,85$ cm ²	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,70$ cm ²	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} = 4,80 / 1,60 = 3,00$	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



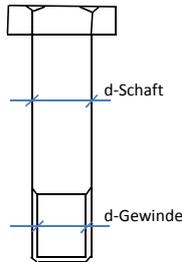
Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ = $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 45,72$ kN (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,76 < 1$ Auslastung: 76%

4.) Nachweis der Verbindung:

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!
(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße : **M 16** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt A_{sch} :	2,01 cm ²	Streckgrenze f_{yb} :	300 N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} :	1,57 cm ²	Zugfestigkeit f_{ub} :	500 N/mm ²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	2,01	2,01 cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$ kN

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = 48,24$ kN (* n Schrauben)

maßgebende Normalkraft max N : 34,95 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} = 0,72 < 1$ Auslastung: 72%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Abstände der Bohrung

e1 = 25 mm

e2 = 25 mm

P1 = entfällt

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 1,67$
$\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 1,64$
$\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,04$
$\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = \text{entfällt}$

maßgebend min $\alpha_b = 1,64$ (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 41,26$ kN → * n Schrauben = 41,26 kN

maßgebende Normalkraft max N : 34,95 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} = 0,85 < 1$ Auslastung: 85%

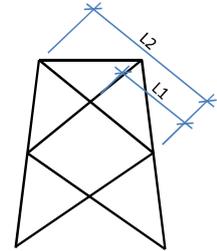
6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 9	Position: 153, 154, 171, 172
----------------	---	---	-------------------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-30,13	kN	Lastfall: Ha-7 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	27,40	kN	Lastfall: Ha-6 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	S_d	=	27,04	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	0,9	*	2010	=	1809	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	0,9	*	1096	=	986	mm (um vv-Achse)

Profil:	L	50	x	50	x	5	mm
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	A	=	4,80	cm ²	Herstellungstyp = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze f_y = 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1} = b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

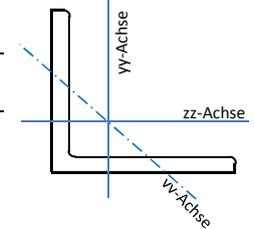
Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2} = b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	4,80	cm ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-155,01	Druckkraft -30,13 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 0,90$	$\geq 2/3$
		Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	101,38 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	L_1 / i_{vv}	= 101,38 < 200
		max $\lambda = 101,38$	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 1,33$	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 1,66$	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,38$	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$ **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-58,55	kN
----------------------------	--	---------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,51 < 1	Auslastung: 51%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,75$	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$ **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-116,67	kN
-----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,26 < 1	Auslastung: 26%
--	-------------------	--------------------	-----------------

6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

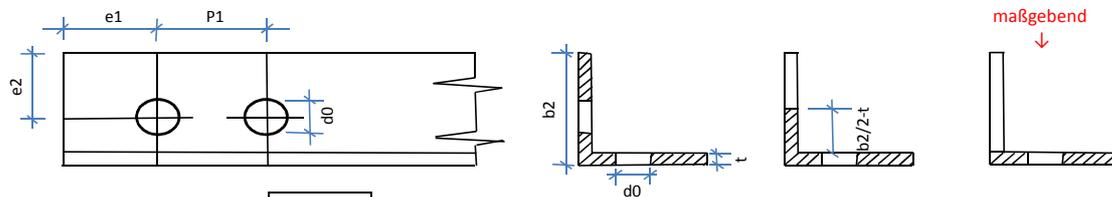
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 9	Position: 153, 154, 171, 172
----------------	---	---	-------------------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 1	Größe M 16	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 18 mm				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm ²	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm ²	

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t = 1,60$ cm ²	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,85$ cm ²	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,70$ cm ²	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} = 4,80 / 1,60 = 3,00$	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



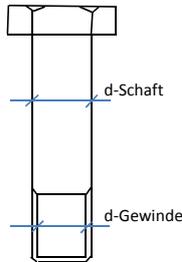
Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ = $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 45,72$ kN (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,60 < 1$ Auslastung: 60%

4.) Nachweis der Verbindung:

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!
(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße : **M 16** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt A_{sch} :	2,01 cm ²	Streckgrenze f_{yb} :	300 N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} :	1,57 cm ²	Zugfestigkeit f_{ub} :	500 N/mm ²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	2,01	2,01 cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$ kN

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = 48,24$ kN (* n Schrauben)

maßgebende Normalkraft max N : 30,13 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} = 0,62 < 1$ Auslastung: 62%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Abstände der Bohrung

e1 = 25 mm

e2 = 25 mm

P1 = entfällt

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 1,67$
$\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 1,64$
$\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,04$
$\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = \text{entfällt}$

maßgebend min $\alpha_b = 1,64$ (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 41,26$ kN → * n Schrauben = 41,26 kN

maßgebende Normalkraft max N : 30,13 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} = 0,73 < 1$ Auslastung: 73%

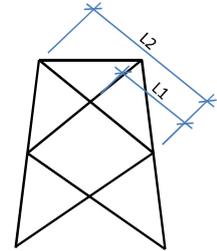
6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Vertikalfachwerk	Position: 73, 80, 87, 94
----------------	---	--------------------------------	---------------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-2,96	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	0,89	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	S_d	=		kN	Achtung keine Stützkraft!

Ausfachungsart: **einfache Diagonalen**



Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1523	=	1523	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	1523	=	1523	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t	
Profil:	L 45	x	45	x	5	mm

Querschnittswerte:	A	=	4,30	cm ²	Herstellungstyp = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,28	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,87	cm	Streckgrenze f_y = 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 45 / 5 = 9,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,594$	=> $\rho_1 = 1,00$

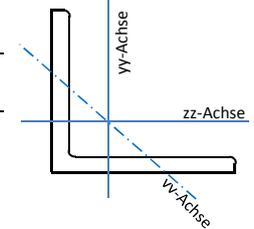
Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 45 / 5 = 9,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,594$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche: $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,30$ cm²
 Druckspannungsnachweis: $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -138,87$ Druckkraft -2,96 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d =$	0,00	< 2/3
		Stützkraft nicht vorhanden		
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	118,54	< 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	L_1 / i_{vv}	= 174,92	< 200
		max $\lambda =$	174,92	



Bezugsschlankeitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankeitsgrad $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 2,29$	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 3,63$	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,15$	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -21,52$ kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,14 < 1$ Auslastung: 14%

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 45,00$

Bezugsschlankeitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankeitsgrad $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,59$	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,77$	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,79$	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BDK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -109,97$ kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,03 < 1$ Auslastung: 3%

6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

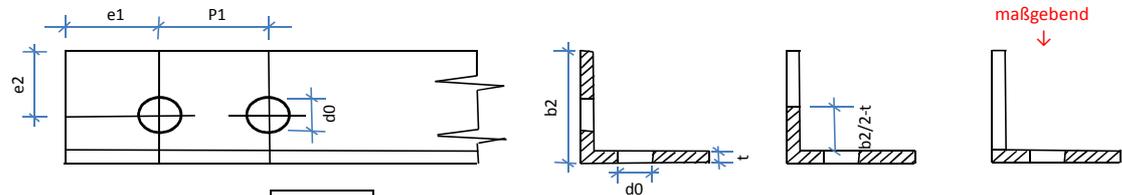
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Vertikalfachwerk	Position: 73, 80, 87, 94
---------	--	-------------------------	--------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 1	Größe M 12	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 14 mm				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze f_y = 355 N/mm ²				
	Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²				

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 : $(b1 - d0) * t = 1,55 \text{ cm}^2$ maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 : $(b1 - d0 + (b2/2)) * t = 2,68 \text{ cm}^2$ nicht maßgebend
 Anschluss an beiden Schenkeln: $0,9 * (A - 2 * d0 * t) = 2,61 \text{ cm}^2$ nicht maßgebend
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend? $A / A_{net} = 4,30 / 1,55 = 2,78 > 1,14 \Rightarrow$ bei S335 maßgebend!



Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ = $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 44,29 \text{ kN}$ (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

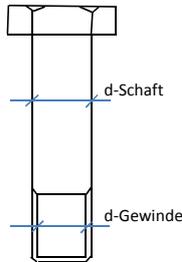
Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,02 < 1$ Auslastung: 2%

4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)



Schraubengröße : **M 12** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt A_{sch} : 1,13 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²
 Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 0,843 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	1,13	1,13 cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 27,12$ $\rightarrow \Sigma = 27,12 \text{ kN}$
 \downarrow * n Schrauben
Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = 27,12 \text{ kN}$

maßgebende Normalkraft maxN : 2,96 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} = 0,11 < 1$ Auslastung: 11%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Abstände der Bohrung
e1 = 25 mm
e2 = 22 mm
P1 = entfällt

$\alpha_b = 1,20 * e1 / d0 = 2,14$
 $\alpha_b = 1,85 * (e1 / d0 - 0,5) = 2,38$
 $\alpha_b = 2,30 * (e2 / d0 - 0,5) = 2,46$
 $\alpha_b = 0,96 * (p1 / d0 - 0,5) = \text{entfällt}$
maßgebend min $\alpha_b = 2,14$ (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 40,32 \text{ kN} \rightarrow$ * n Schrauben = 40,32 kN

maßgebende Normalkraft maxN : 2,96 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} = 0,07 < 1$ Auslastung: 7%

6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

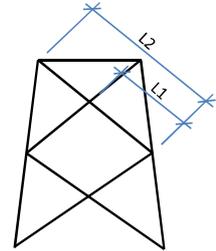
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Vertikalfachwerk	Position: 75, 76, 82, 83, 89, 90, 96, 97
----------------	---	--------------------------------	---

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	0,00	kN	Lastfall:	
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	14,27	kN	Lastfall:	Ha-4 (Vert.-Last *1,35)
Stützkraft	S_d	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	3101	=	3101	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	1577	=	1577	mm (um vv-Achse)

Ausfachungsart: einfache Diagonalen



Profil:	L	b1	50	x	50	x	t	5	mm
---------	---	----	----	---	----	---	---	---	----

Querschnittswerte:	A	=	4,80	cm ²	Herstellungstyp =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze f_y	= 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u	= 490 N/mm ²
					E-Modul	= 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche: $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,80$ cm²

Druckspannungsnachweis: $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -155,01$ Druckkraft zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse): $\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$ siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3 $215,72$ 00 ACHTUNG !!!

Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse): $\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$ $L_1 / i_{vv} = 162,08$ < 200

max $\lambda = 215,72$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$ [1]

bezogene Schlankheit $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 2,82$ [1]

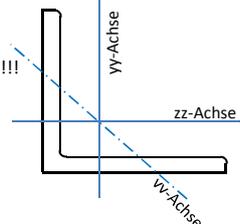
$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 5,13$ [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,11$ [1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -16,47$ kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,00 < 1$ Auslastung: 0%



2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken: $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$ [1]

bezogene Schlankheit $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$ [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$ [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,75$ [1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BDK: $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -116,67$ kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken: $N_d / N_{R,d} = 0,00 < 1$ Auslastung: 0%

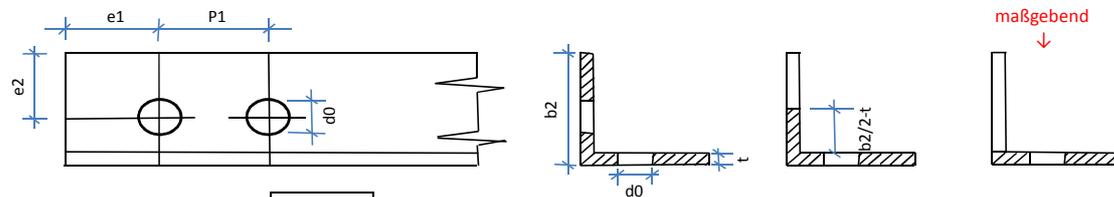
6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Vertikalfachwerk	Position: 75, 76, 82, 83, 89, 90, 96, 97
---------	--	-------------------------	--

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 1	Größe M 16	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 18 mm				
Nettofläche A_{net}:	<i>(EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)</i>				
Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b1 - d0) * t =$		1,60 cm ²	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)	
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b1 - d0 + (b2/2)) * t =$		2,85 cm ²	nicht maßgebend	
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0.9 * (A - 2 * d0 * t) =$		2,70 cm ²	nicht maßgebend	
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} =$		4,80 / 1,60 =	3,00	> 1,14 => bei S335 maßgebend!

Stabstahlgüte = S355
 Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm²
 Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm²



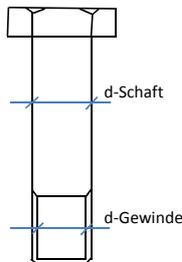
Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} :	1,25		
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ =	$(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 =$		45,72 kN <i>(EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)</i>
Zugbeanspruchungsnachweis:	$N_z / N_{R,z} =$		0,31 < 1 Auslastung: 31%

4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)



Schraubengröße : M 16	Güte : 5.6		
Schaftquerschnitt A_{sch} :	2,01 cm ²	Streckgrenze f_{yb} :	300 N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} :	1,57 cm ²	Zugfestigkeit f_{ub} :	500 N/mm ²
Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} :	1,25		
Scherfläche liegt im	Schnitt 1 Schaft	ggf. Schnitt 2 Schaft	
Faktor α_v :	0,6	0,6	
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	2,01	2,01 cm ²	
Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} =$	48,24	-	$\rightarrow \Sigma = 48,24$ kN
			↓ * n Schrauben
			Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = 48,24$ kN

maßgebende Normalkraft maxN : 14,27 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} =$	0,30 < 1	Auslastung: 30%
--	--------------------	-----------------

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Abstände der Bohrung	
e1 =	35 mm
e2 =	25 mm
P1 =	entfällt

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} :	1,25
$\alpha_b = 1.20 * e1 / d0 =$	2,33
$\alpha_b = 1.85 * (e1 / d0 - 0.5) =$	2,67
$\alpha_b = 2.30 * (e2 / d0 - 0.5) =$	2,04
$\alpha_b = 0.96 * (p1 / d0 - 0.5) =$	entfällt
maßgebend min $\alpha_b = 2,04$ (nach EN 50 341-1)	

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 =$ **51,29 kN** \rightarrow * n Schrauben = **51,29 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 14,27 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} =$	0,28 < 1	Auslastung: 28%
--	--------------------	-----------------

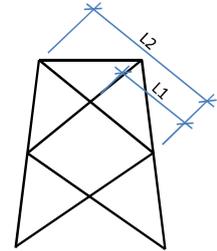
6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Vertikalfachwerk	Position: 78, 85, 92, 901
----------------	---	--------------------------------	----------------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-5,09	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	0,36	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	S_d	=		kN	Achtung keine Stützkraft!

Ausfachungsart: **einfache Diagonalen**



Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1754	=	1754	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	1754	=	1754	mm (um vv-Achse)

Profil:	L	45	x	45	x	5	mm
---------	---	----	---	----	---	---	----

Querschnittswerte:	A	=	4,30	cm ²	Herstellungstyp = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,28	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,87	cm	Streckgrenze f_y = 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

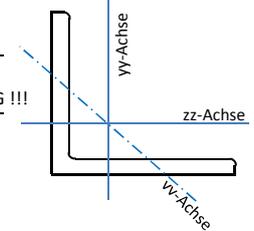
2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:			
Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 45 / 5 = 9,00 < 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,594 \Rightarrow \rho1 = 1,00$
Schenkel 2:			
Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 45 / 5 = 9,00 < 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,594 \Rightarrow \rho2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho1) + b2 * (1-\rho2)] =$	4,30	cm ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-138,87	Druckkraft zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d =$	0,00	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 \Rightarrow$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	136,51	< 200	
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 \Rightarrow$	L_1 / i_{vv}	=	201,45	00 ACHTUNG !!!
		max $\lambda =$	201,45		
Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)}$	=	76,41	[1]	
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{(A_{eff} / A)}$	=	2,64	[1]	
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda']$	=	4,57	[1]	
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')})$	=	0,12	[1]	Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$ 1,10



Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-16,72	kN
----------------------------	--	---------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,30 < 1	Auslastung: 30%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49			
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} \Rightarrow 5 * b / t =$	45,00		
Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)}$	=	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{(A_{eff} / A)}$	=	0,59	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda']$	=	0,77	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')})$	=	0,79	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$ **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-109,97	kN
-----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,05 < 1	Auslastung: 5%
--	-------------------	--------------------	----------------

6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

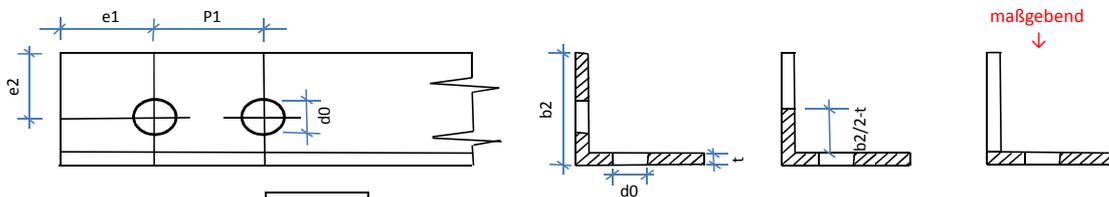
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Vertikalfachwerk	Position: 78, 85, 92, 901
---------	--	-------------------------	---------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 1	Größe M 16	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 18 mm				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze f_y = 355 N/mm ²				
	Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²				

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 : $(b_1 - d_0) * t = 1,35 \text{ cm}^2$ maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 : $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,48 \text{ cm}^2$ nicht maßgebend
 Anschluss an beiden Schenkeln: $0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,25 \text{ cm}^2$ nicht maßgebend
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend? $A / A_{net} = 4,30 / 1,35 = 3,19 > 1,14 \Rightarrow$ bei S335 maßgebend!



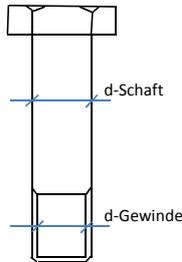
Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$: $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 38,58 \text{ kN}$ (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} = 0,01 < 1$ Auslastung: 1%

4.) Nachweis der Verbindung:

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!
 (EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße: **M 16** Güte: **5.6**

Schaftquerschnitt A_{sch} : 2,01 cm² Streckgrenze f_{yb} : 300 N/mm²
 Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} : 1,57 cm² Zugfestigkeit f_{ub} : 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	2,01	2,01 cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd}$: $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$ → $\Sigma = 48,24 \text{ kN}$
 ↓ * n Schrauben
Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd}$: **48,24 kN**

maßgebende Normalkraft max N : 5,09 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} = 0,11 < 1$ Auslastung: 11%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Abstände der Bohrung

e1 = **25** mm
 e2 = **22** mm
 P1 = entfällt

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 1,67$
 $\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 1,64$
 $\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 1,66$
 $\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = \text{entfällt}$

maßgebend min $\alpha_b = 1,64$ (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd}$: $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 41,26 \text{ kN} \rightarrow * n \text{ Schrauben} = 41,26 \text{ kN}$

maßgebende Normalkraft max N : 5,09 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} = 0,12 < 1$ Auslastung: 12%

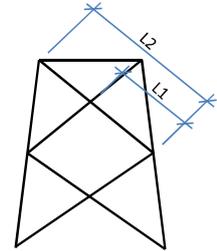
6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Vertikalfachwerk	Position: 79, 86, 93, 99
----------------	---	--------------------------------	---------------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-0,27	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,00)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	2,05	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,35)
Stützkraft	S_d	=		kN	Achtung keine Stützkraft!

Ausfachungsart: **einfache Diagonalen**



Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	433	=	433	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	433	=	433	mm (um vv-Achse)

Profil:	L	40	x	40	x	5	mm
---------	---	----	---	----	---	---	----

Querschnittswerte:	A	=	3,79	cm ²	Herstellungstyp = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,14	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,77	cm	Streckgrenze f_y = 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

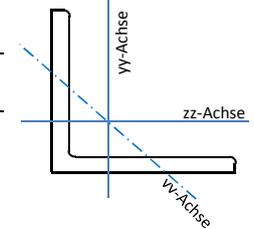
2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:			
Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 40 / 5 = 8,00 < 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528 \Rightarrow \rho_1 = 1,00$
Schenkel 2:			
Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 40 / 5 = 8,00 < 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528 \Rightarrow \rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	3,79	cm ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-122,28	Druckkraft zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d =$	0,00	< 2/3
		Stützkraft nicht vorhanden		
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 \Rightarrow$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	38,01	< 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 \Rightarrow$	L_1 / i_{vv}	= 56,05	< 200
		max $\lambda =$	56,05	



Bezugsschlankeitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankeitsgrad $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,73	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,90	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,70	[1]
	Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$	1,10	

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-86,06	kN
----------------------------	--	--------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,00 < 1	Auslastung: 0%
-----------------------------------	-------------------	----------	----------------

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} \Rightarrow 5 * b / t =$	40,00

Bezugsschlankeitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankeitsgrad $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,52	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,72	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,83	[1]
	Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$	1,10	

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-101,46	kN
-----------------------------	--	---------	----

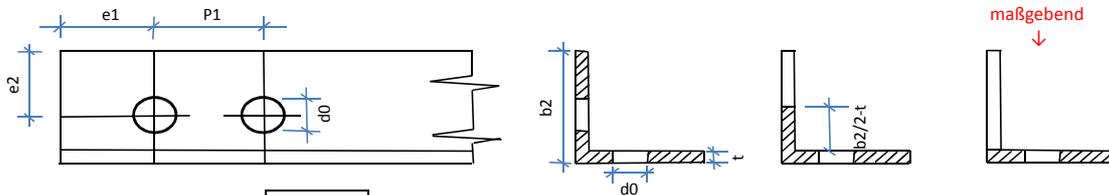
Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,00 < 1	Auslastung: 0%
--	-------------------	----------	----------------

6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Vertikalfachwerk	Position: 79, 86, 93, 99
---------	--	-------------------------	--------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 1	Größe M 12	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 14 mm				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm ²				
	Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm ²				
Nettofläche A_{net}:	(EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)				
Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t = 1,30$ cm ²		maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)		
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,30$ cm ²		nicht maßgebend		
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,15$ cm ²		nicht maßgebend		
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} = 3,79 / 1,30 = 2,91$		$> 1,14 \Rightarrow$ bei S335 maßgebend!		



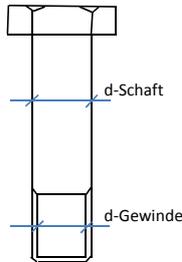
Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} :	1,25	
Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ =	$(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 37,15$ kN	(EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)
Zugbeanspruchungsnachweis:	$N_z / N_{R,z} = 0,06 < 1$	Auslastung: 6%

4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)



Schraubengröße :	M 12	Güte :	5.6
Schaftquerschnitt A_{sch} :	1,13 cm ²	Streckgrenze f_{yb} :	300 N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} :	0,843 cm ²	Zugfestigkeit f_{ub} :	500 N/mm ²
Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} :	1,25		
Scherfläche liegt im	Schnitt 1 Schaft	ggf. Schnitt 2 Schaft	
Faktor α_v :	0,6	0,6	
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	1,13	1,13 cm ²	
Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 27,12$		$\rightarrow \Sigma = 27,12$ kN	\downarrow * n Schrauben
		Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = 27,12$ kN	

maßgebende Normalkraft max N : 2,05 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis:	$maxN / F_{v,Rd} = 0,08 < 1$	Auslastung: 8%
-----------------------------------	------------------------------	----------------

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Abstände der Bohrung	
e1 = 25 mm	
e2 = 20 mm	
P1 = entfällt	

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} :	1,25
$\alpha_b = 1,20 * e1 / d_0 = 2,14$	
$\alpha_b = 1,85 * (e1 / d_0 - 0,5) = 2,38$	
$\alpha_b = 2,30 * (e2 / d_0 - 0,5) = 2,14$	
$\alpha_b = 0,96 * (p1 / d_0 - 0,5) =$ entfällt	
maßgebend min $\alpha_b = 2,14$	(nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 40,19$ kN \rightarrow * n Schrauben = 40,19 kN

maßgebende Normalkraft max N : 2,05 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis:	$maxN / F_{b,Rd} = 0,05 < 1$	Auslastung: 5%
-----------------------------------	------------------------------	----------------

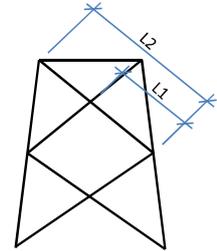
6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Vertikalfachwerk	Position: 74, 81, 88, 95
----------------	---	--------------------------------	---------------------------------

1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-0,90	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,00)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	2,40	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,35)
Stützkraft	S_d	=		kN	Achtung keine Stützkraft!

Ausfachungsart: **einfache Diagonalen**



Knicklänge:	β Eulerfall 2	*	l	=	S_k	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	688	=	688	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	688	=	688	mm (um vv-Achse)

Profil:	L	40	x	40	x	5	mm
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	A	=	3,79	cm ²	Herstellungstyp = warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,14	cm	Stabstahlgüte = S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,77	cm	Streckgrenze f_y = 355 N/mm ²
					Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²
					E-Modul = 210000 N/mm ²

2.) Stabilitätsnachweise:

2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} = b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_1 = 1,00$

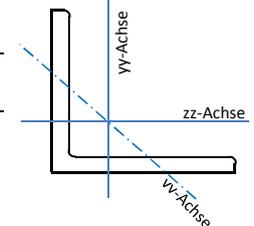
Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} = b2 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	3,79	cm ²
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-122,28	Druckkraft zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3
		Stützkraft nicht vorhanden	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	60,39 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv} =$	89,06 < 200
		max $\lambda =$	89,06



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	1,17	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	1,42	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,45	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$ **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-55,09	kN
----------------------------	--	---------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,02 < 1	Auslastung: 2%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	----------------

2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 40,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,52	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,72	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,83	[1]

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$ **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-101,46	kN
-----------------------------	--	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,01 < 1	Auslastung: 1%
--	-------------------	--------------------	----------------

6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

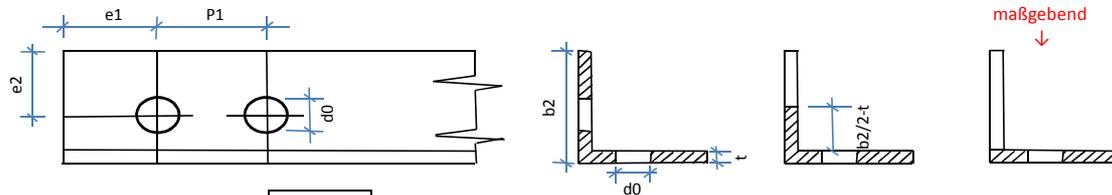
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Vertikalfachwerk	Position: 74, 81, 88, 95
---------	--	-------------------------	--------------------------

3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

Schraubenverbindung:	Anzahl (n) 1	Größe M 12	Güte 5.6	Schnittigkeit S_v 1	Anzahl der angeschlossenen Schenkel 1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 14 mm				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze f_y = 355 N/mm ²				
	Zugfestigkeit f_u = 490 N/mm ²				

Nettofläche A_{net} : (EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1)

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t =$	1,30 cm ²	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t =$	2,30 cm ²	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0.9 * (A - 2 * d_0 * t) =$	2,15 cm ²	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} =$	3,79 / 1,30 = 2,91	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



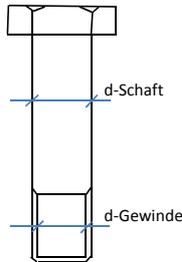
Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit $N_{R,z}$ = $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 =$ **37,15 kN** (EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1)

Zugbeanspruchungsnachweis: $N_z / N_{R,z} =$ **0,06 < 1** Auslastung: 6%

4.) Nachweis der Verbindung:

4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!
(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2)

Schraubengröße : **M 12** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt A_{sch} :	1,13 cm ²	Streckgrenze f_{yb} :	300 N/mm ²
Spannungsquerschnitt (Gewinde) A_{sp} :	0,843 cm ²	Zugfestigkeit f_{ub} :	500 N/mm ²

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mb} : **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor α_v :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt A_v :	1,13	1,13 cm ²

Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} =$ 27,12 $\rightarrow \Sigma =$ **27,12 kN**
↓ * n Schrauben
Scherbeanspruchbarkeit $F_{v,Rd} =$ 27,12 kN

maßgebende Normalkraft maxN : 2,4 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{v,Rd} =$ **0,09 < 1** Auslastung: 9%

4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

Abstände der Bohrung

e1 = **25** mm

e2 = **20** mm

P1 = **entfällt**

(EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1)

Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} : **1,25**

$\alpha_b = 1.20 * e_1 / d_0 =$	2,14
$\alpha_b = 1.85 * (e_1 / d_0 - 0.5) =$	2,38
$\alpha_b = 2.30 * (e_2 / d_0 - 0.5) =$	2,14
$\alpha_b = 0.96 * (p_1 / d_0 - 0.5) =$	entfällt

maßgebend min $\alpha_b =$ 2,14 (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 =$ 40,19 kN \rightarrow * n Schrauben = 40,19 kN

maßgebende Normalkraft maxN : 2,4 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis: $maxN / F_{b,Rd} =$ **0,06 < 1** Auslastung: 6%